云 南 植 物 研 究　1994; **16** (1): 61—74
Acta Botanica Yunnanica

云南乌头属牛扁亚属的核形态研究*

杨亲二**　顾志建　吴征镒
(中国科学院昆明植物研究所，昆明 650204)

摘要　对云南乌头属牛扁亚属(*Aconitum* L. subgen. *Lycoctonum*) 3 种、1 变种共 9 个居群的核形态进行了研究。其中弯短距乌头(*Aconitum brevicalcaratum* var. *brevicalcaratum*)、粗花乌头(*A. crassiflorum*)和滇川乌头 (*A. wardii*)的染色体数目和核型为首次报道。所有种类的静止核和前期染色体形态基本相似，分别属于复杂中央染色微粒型和中间型；分裂中期染色体数目为 2n＝4x＝32，染色体类型通常为 sm 或 m，st 染色体少见，染色体从大到小逐渐过渡，核型的二型性不明显。结合有关资料，重点指出了乌头属不但在亚属之间，而且在牛扁亚属内也存在着较大的核型分化；牛扁亚属与乌头亚属 (*Aconitum* L. subgen.*Aconitum*) 在核型上的最重要区别在于前者的二型性通常不明显,而后者有明显的二型性。此外还讨论了牛扁亚属植物的一些分类问题。

关键词　乌头属, 牛扁亚属, 核形态, 核型分化

A KARYOMORPHOLOGICAL STUDY IN ACONITUM SUBGEN. LYCOCTONUM(RANUNCULACEAE) FROM YUNNAN

YANG Qing-Er,　GU Zhi-Jian,　WU Zheng-Yi
(*Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences,* Kunming 650204)

Abstract　Nine populations of four taxa of *Aconitum* subgen. *Lycoctonum* from Yunnan were karyomorphologically studied. The chromosome numbers of *Aconitum brevicalcaratum* var. *brevicalcaratum, A. wardii* and *A. crassiflorum* are reported here for the first time. The results are summarized as follows:

1. Karyomorphological type of the resting nuclei and that of the mitotic prophase chromosomes are very similar among the four taxa studied and can be classified as complex chromocenter type and interstitial type respectively.

2. All the four taxa studied are tetraploids with 2n＝32, completely or mostly consisting of median- and submedian-centromeric chromosomes, which suggests that Shang et al's generalization that the species of subgenus *Lycoctonum* are mostly diploids, and their chromosomes are mostly subterminal-centromeric ones does not hold true. On the contray, it should be considered that strong karyotypic differentiation has occured in this subgenus in respect of chromosome morphology.

* 受中国科学院生物分类区系学特别支持费部分资助。

** 现为中国科学院植物研究所系统与进化植物学开放研究实验室博士后研究人员。

1992-05-22 收稿, 1992-11-23 修回

3. Most importantly, chromosomes of the four taxa studied are all found to decrease gradually in size from the largest to the smallest, so their karyotypes have no obvious bimodality, and thus show significant differences from the karyotypes of subgenus *Aconitum* with very conspicuous bimodality. It is noteworthy that the diploid species of subgenus *Lycoctonum*, such as *A. alboviolaceum* and *A. barbartum* var. *puberulum*, have also such karylotypes without bimodality as those of the tetraploid species studied here, though their karyotypes have greatly differentiated in respect of chromosome morphology as mentioned above. Therefore, it can be concluded that karyotypes have no obvious bimodality is a common, relatively stable and probably primitive characteristics of subgenus *Lycoctonum*, and is also the most important cytolo gical features to distinguish it from subgenus *Aconitum*.

4. Although strong karyotypic differentiation has occured in subgenus *Lycoctonum* as emphasized above, the four taxa studied here are essentially similar in their karyomorphological characteristics, indicating that they might be closely related and thus Lauener and Tamura′s putting them in three different series might not be advisable.

5. *A. wardii* is found to be a tetraploid with karyotype formula of 2n = 8m+22sm+2st or 4m+24sm+4st, while *A. leucostomum* is a diploid with karyotype formula of 2n = 2m+4sm+10st according to Malakhova′s report. Tamura and Lauener reduced the latter species to synonomy of the former. Their treatment seems quite unreasonable if considering the great differences of karyotypes. In fact, both species are also distinct in external morphology and geographical distribution as pointed out by Li.

Key words *Aconitum*, subg. *Lycoctonum*, Karyomorphology, Karyotypic differentiation

我们曾报道了云南13种乌头属植物的核形态[1]。本文是该研究工作的继续，报道云南乌头属牛扁亚属（*Aconitum* L. subgen. *Lycoctonum* (DC.) Peterm.）3种、1变种共9个居群的核型，并重点讨论了牛扁亚属和乌头亚属之间以及牛扁亚属内的核型分化，同时也讨论了牛扁亚属植物的一些分类问题。

材料和方法

材料来源见表1.所有材料均采自野外，移栽于中国科学院昆明植物研究所植物园。凭证标本保存于中国科学院昆明植物研究所标本馆（KUN）。

取新生根尖用0.1%的秋水仙素水溶液预处理3小时，然后用卡诺液（纯酒精:冰醋酸 = 3:1）在5℃左右固定30分钟。水洗后在60℃恒温水浴中用1 mol / L盐酸：45%醋酸 = 1:1混合液解离2分钟，1%醋酸地衣红染色，压片，观察。

染色体的相对长度按（染色体长度 / 体细胞中全部染色体总长度）公式计算。染色体类型按Levan等[2]的方法分析。核型类型根据Stebbins[3]的分类划分。染色体从长到短顺序排列。分析时每个材料各取5个染色体分散良好的细胞。

表 1 材料来源

Table 1 Origin of materials

Taxon	Locality	Voucher Specimen
Aconitum brevicalcaratum var. *brevicalcaratum*	丽江：玉龙山(Lijiang: Mt. Yulongshan)	杨亲二 8932
	大理：苍山(Dali: Mt. Cangshan)	杨亲二 8833
	鹤庆：马耳山(Heqing: Mt. Maershan)	杨亲二 8845
A. brevicalcaratum var. *parviflorum*	丽江：玉龙山(Lijiang: Mt. Yulongshan)	杨亲二 8936
A. wardii	德钦：白茫雪山(Deqing: Mt. Baimangxueshan)	杨亲二 8918
	德钦：燕门(Deqing: Yanmen)	杨亲二 8921
A. crassiflorum	中甸：毕桑谷(Zhongdian: Bisanggu)	杨亲二 8912
	中甸：奶日(Zhongdian: Lairi)	杨亲二 8901
	中甸：仙人洞(Zhongdian: Xianrendong)	杨亲二 8909

观察结果

1. 静止核和分裂前期染色体形态

所有种类的静止核和分裂前期染色体形态（图 1）与我们以前研究的 13 种乌头属植物的静止核和分裂前期染色体形态相似[1]，根据 Tanaka[4—5]的分类标准，分别属于复杂中央染色微粒型（Complex chromocenter type）和中间型（Interstitial type）。

2. 分裂中期染色体

(1) 弯短距乌头 *Aconitum brevicalcaratum* (Finet et Gagnep.) Diels var. *brevicalcaratum* 在"中国植物志"[6]中，本变种的学名是 *A. brevicalcaratum* var. *lauenerianum* (Fletcher) W. T. Wang。关于这个变种的名实辩证和名称更动，我们将另文发表。

本变种的核型为首次报道。我们共研究了 3 个居群。

第一个居群采自丽江玉龙山黑白水海拔 2900 m 一带草坡。核型公式为 2n＝32＝14m+18sm（图 2:A, B）。染色体参数见表 2。第 31、32 号染色体明显短于第 29、30 号染色体。第 20 号和第 27 号染色体具随体。染色体长度范围为 8.30—1.65 μm，染色体组总长度为 63.7 μm。染色体从长到短逐渐过渡，核型没有明显的二型性。核型类型为 2C。

第二个居群采自鹤庆马耳山海拔 3700 m 一带草坡。核型公式为 2n＝32＝14m+18sm（图 2:C）。染色体参数见表 2。染色体长度范围为 7.62—1.65 μm，染色体组总长度为 55.03 μm。染色体从长到短逐渐过渡，核型没有明显的二型性。核型类型为 2C。

第三个居群采自大理苍山花甸坝海拔 3500 m 一带草坡。核型公式为 2n＝32＝8m+24sm（图 2:D）。染色体参数见表 2。第 30—32 号染色体明显短于 29 号染色体；第 1、2 号染色体比值与第 3、4 号染色体的臂比值有明显差异。染色体长度范围为 7.33—1.47 μm，染色体组总长度为 59.17 μm。染色体从长到短逐渐过渡，核型没有明显的二型性。核型类型为 2C。

(2) 短距乌头 *Aconitum brevicalcaratum* var. *parviflorum* Chen et Liu 在"中国植物志"中[6]，本变种的学名是 *A. brevicalcaratum* (Finet et Gagnep.)Diels var. *brevicalcaratum*. 我们曾以这个名称报道了它的核型[1]。关于这个变种的名称更动，我们将另文发表。

我们这次研究的材料采自丽江玉龙雪山乌头地海拔 4000 m 处。材料共包括 10 个植株。植株较矮小，高 30—40 cm，花、茎、叶等也较小。核型公式为 2n＝32＝10m+22sm(图 3:A, B)。染色体参数见表 3。第 31、32 号染色体明显短于第 29、30 号染色体。染色体长度范围为 10.25—1.55 μm，染色体组总长度为 74.93 μm。本居群的核型与我们以前报道的这个变种的核型[1]有所差别。以前研究的材料也

采自丽江玉龙山乌头地，但海拔在3700 m一带。材料共有4个植株，植株高达1 m左右，叶、花等均较大。其核型公式为2n=32=12m+16sm+4st，染色体从长到短逐渐过渡，核型没有明显的二型性。这次研究的材料的核型中没有st染色体。尤其值得注意的是它的第1—4号染色体明显长于5—8号，这8条染色体又长于其它染色体，表现出一定的二型性。核型类型为2C。



图1 静止核和分裂前期染色体形态

Fig. 1 Photomicrographs of chromosomes at interphase and prophase in the root tip cells of 3 taxa of *Aconitum* from Yunnan. A, B: *A. brevicalcaratum* var. *brevicalcaratum* (×1934); C, D: *A. scaposum* var. *hupehanum* (×1934); E, F: *A. crassiflorum* (×1934).

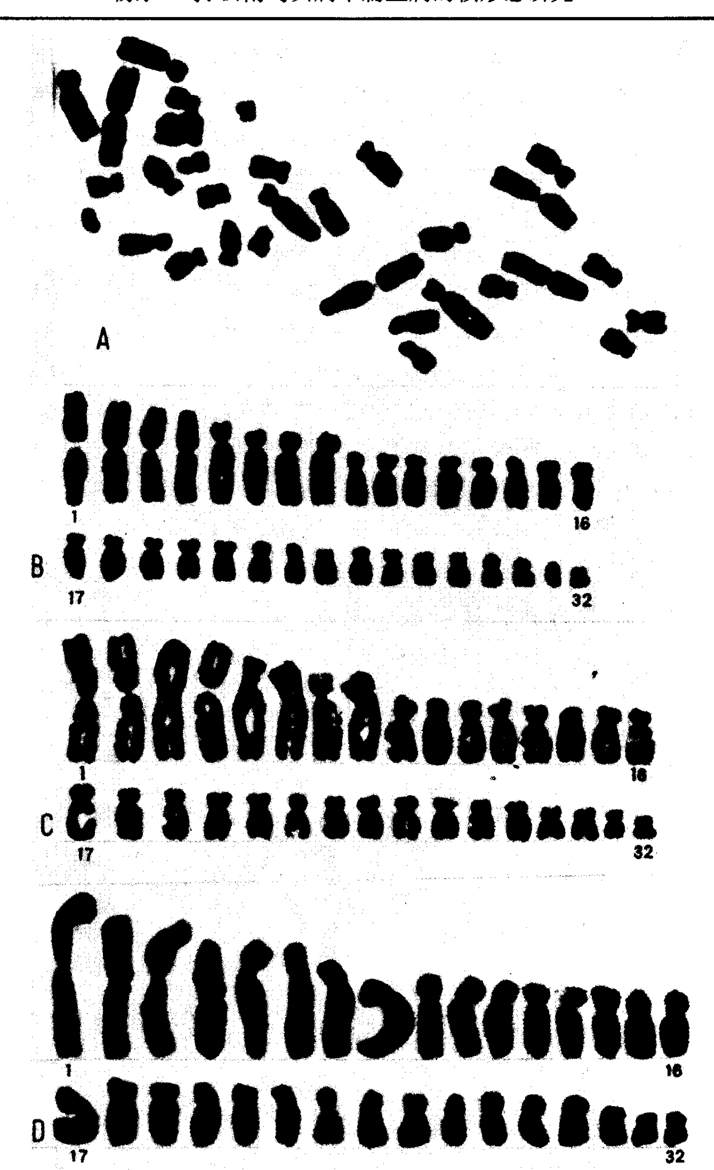


图 2 中期染色体形态

Fig. 2 Photomicrographs of chromosomes at metaphase in the root tip cells of 3 populations of *Aconitum brevicalcaratum* var. *brevicalcaratum*. A, B: Population from Mt. Yulongshan, Lijiang (× 1934); C: Population from Mt. Maershan, Heqing (× 1934); D: Population from Mt. Cangshan, Dali (× 2591).

(3) 滇川乌头 *Aconitum wardii* Fletcher et Lauener

本种的核型为首次报道。我们共研究了两个居群。

第一个居群采自德钦燕门沧怒分水岭。核型公式为 2n＝32＝4m+24sm+4st（图 3：A,B）。染色体参数见表 4。第 31、32 染色体明显小于第 29、30 号染色体，第 19、20、29、30 号染色体具随体。第 5、6 号染色体与第 7、8 号染色体在类型上不同，前为 sm 染色体而后为 st 染色体。染色体长度范围为 11.39—2.36 μm，染色体组总长度为 87.67 μm。染色体从大到小逐渐过渡，核型没有明显的二型性。核型类型为 3C。

第二个居群采自德钦白茫雪山。核型公式为 2n=32=8m+22sm+2st（图 3:C）。染色体参数见表 4。第 31 号染色体具随体。第 31、32 号染色体明显短于第 29、30 号染色体。第 5、6 号染色体和第 7、8 号染色体在类型上也不同，前两号为 st 染色体而后两号为 sm 染色体。染色体长度范围为 9.66—1.71 μm，染色体组总长度为 77.86 μm。染色体从长到短逐渐过渡，核型没有明显的二型性。核型类型为 2C。

(4) 粗花乌头 *Aconitum crassiflorum* Hand.-Mazz.

本种的核型为首次报道。我门共研究了 3 个居群。

第一个居群采自中甸毕桑谷海拔 3950 m 一带杂木林下。核型公式为 2n=32=12m+16sm+4st（图 4:A,B）。染色体参数见表 5。第 31、32 号染色体明显小于第 29、30 号染色体。染色体长度在 7.45—1.21 μm。染色体组总长度为 59.94 μm。染色体从长到短逐渐过渡，核型无明显的二型性。核型类型为 2C。特别值得注意的是，本居群植物的染色体的第 5—8 号染色体均为 st 染色体。在植物外部形态上，本居群与下面两个居群的不同之处是，下面两个居群的植株的小苞片全部着生于花梗的基部，而本居群的植株的小苞片的着生位置有从基部至中部的变化。这种变化不但表现在个体之间而且表现于同一植株的花序上。本居群的植物在外部形态上的上述变化是否与染色体结构变化有关，值得进一步研究。

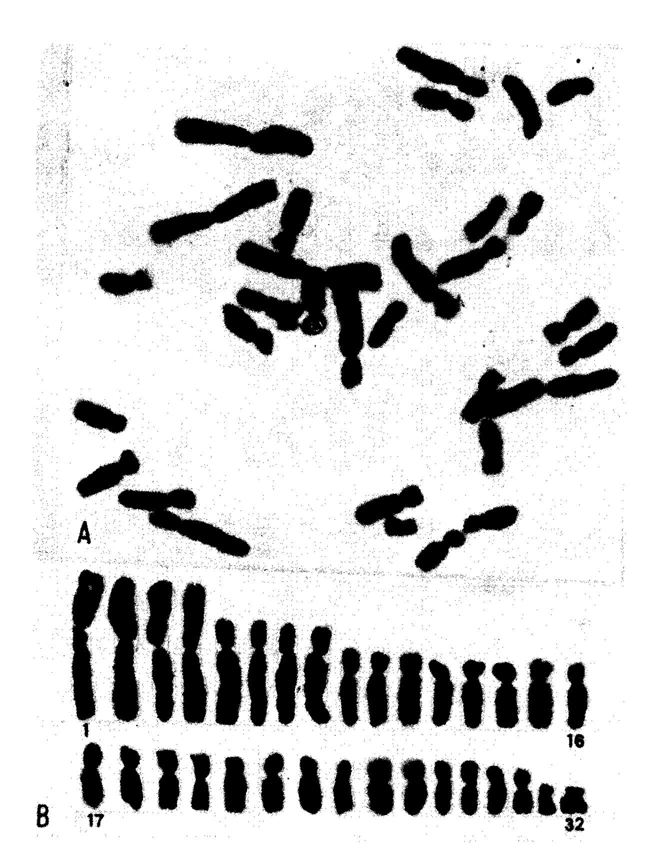


图 3 中期染色体形态

Fig. 3 Photomicrographs of chromosomes at metaphase (A, B) in the root tip cells of *Aconitum brevicalcaratum* var. *parviflorum* from Mt. Yulongshan, Lijiang (× 1934).

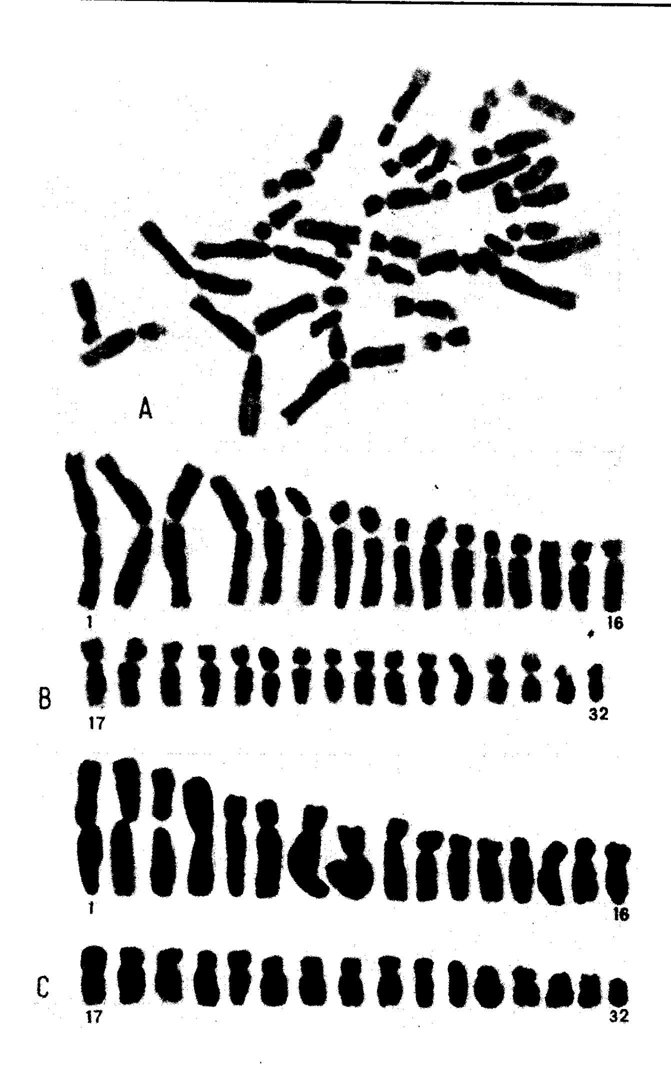


图 4 中期染色体形态

Fig. 4 Photomicrographs of chromosomes at metaphase in the root tip cells of 2 populations of *Aconitum wardii*. A, B: Population from Yanmeng, Deqing (× 1934); C: Population from Mt. Baimangxueshan, Deqing (× 1934)

第二个居群采自中甸奶日海拔 3400 m 一带杂木林下。核型公式为 2n = 32 = 6m+26sm（图 4:C）。染色体参数见表 5。第 31 号、32 号染色体明显小于第 29、30 号染色体，第 32 号染色体又要小于第 31 号染色体。染色体长度范围为 12.20—1.86 μm，染色体组总长度为 94.68 μm。染色体从长到短逐渐过渡，核型无明显的二型性。核型类型为 3C 型。

第三个居群采自中甸仙人洞海拔 3700 m 一带杂木林下。核型公式为 2n = 32 = 10m+22sm（图 4:D）。染色体参数见表 6。第 31、32 号染色体明显小于 30 号和 29 号染色体。染色体长度范围为 10.76—1.71 μm，染色体组总长度为 86.21 μm。染色体从长到短逐渐变化，核型无明显的二型性。核型类型为 2C。

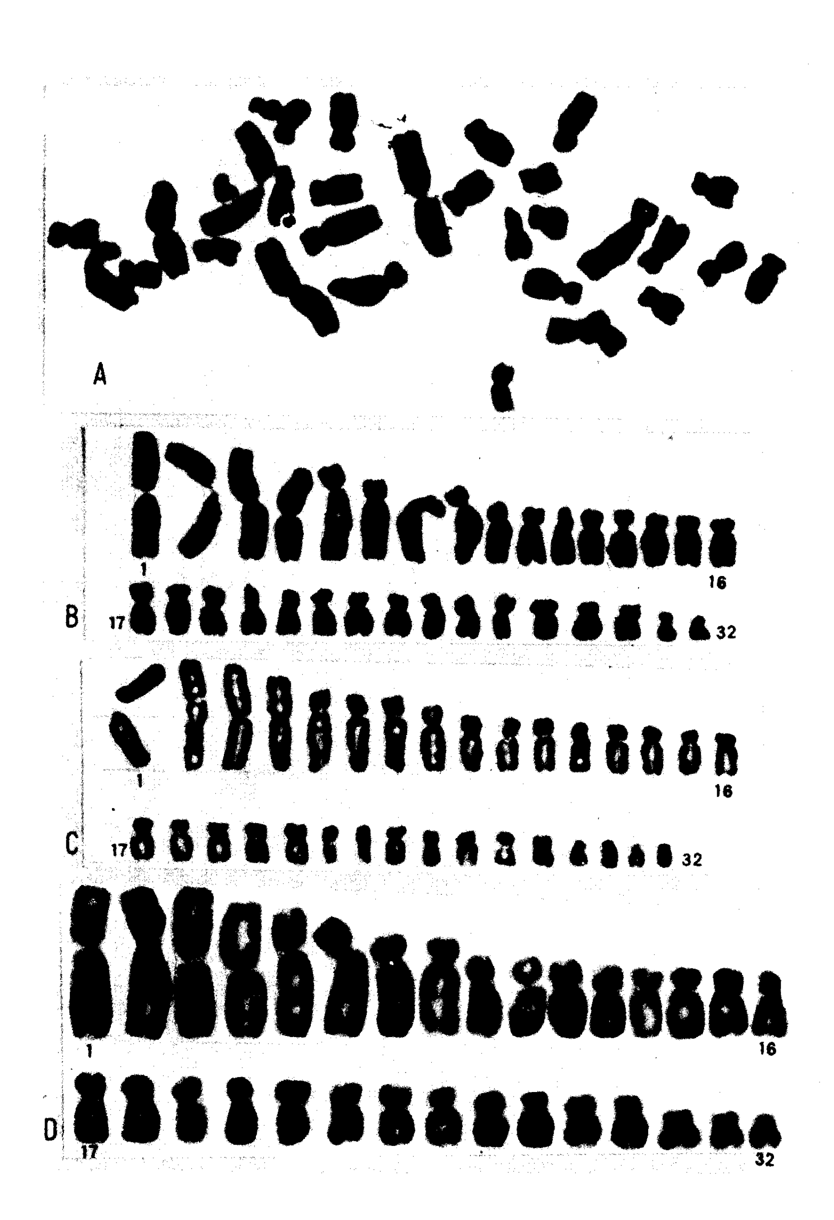


图5 中期染色体形态

Fiig. 5 Photomicrographs of chromoxomes at metaphase in the root tip cells of 3 populations of *Aconitum crassiflorum*. A, B: Population from Bisanggu, Zhongdian(× 1934); C: Population from Lairi, Zhongdian(× 1934); D: Population from Xianrendong Zhongdian(× 1934).

讨 论

1. Lauener 和 Tamura[7] 把牛扁亚属分为 4 组，Sect. *Galeatum*, Sect.*Fletcherum*, Sect. *Alatospermum*, Sect. *Lycoctonum*。其中前 3 组均为单种组。Sect. *Lycoctonum* 又分为 11 个系，Ser. *Scaposa*, Ser. *Crassiflora*, Ser.*Laevia*, Ser. *Reclinata*, Ser. *Volubilia*, Ser. *Longibracteolata*, Ser.*Microantha*,

Ser. *Brevicalcarata*, Ser. *Longicassidata*, Ser. *Ranunculoidea*, Ser. *Lycoctonia*。这里研究的 3 种牛扁亚属植物分别属于其中 4 个不同的系。粗花乌头 *A. crassiflorum* Hand.-Mazz. 属于 Ser. *Crassiflora*, 弯短距乌头 *A. brevicalcaratum* (Finet et Gagnep.) Diels 属于 Ser. *Brevicalcarata*, 滇川乌头 *A. wardii* Fletcher et Lauener 属于 Ser. *Lycoctonia*。

表 2 弯短矩乌头 2 个居群的染色体参数

Table 2 The parameters of chromosomes in two populations of *Aconitum brevicalcaratum* var. *brevicalcaratum*

Chromosome No.	Population from Lijiang			Population from Heqing		
	Relative Length(%)	Arm ratio	Type	Relative Length	Arm ratio	Type
1	3.50+3.04	1.15	m	3.69+3.24	1.14	m
2	3.47+2.94	1.18	m	4.22+2.51	1.68	m
3	2.95+2.91	1.01	m	3.26+3.22	1.01	m
4	2.44+2.41	1.01	m	3.29+2.54	1.30	m
5	3.43+1.22	2.81	sm	3.51+1.25	2.81	sm
6	3.18+1.15	2.77	sm	3.45+1.17	2.95	sm
7	3.11+1.15	2.70	sm	3.29+1.20	2.74	sm
8	3.02+1.02	2.96	sm	2.69+1.27	2.12	sm
9	2.27+0.95	2.39	sm	2.49+0.95	2.62	sm
10	2.05+1.10	1.86	sm	2.09+1.20	1.74	sm
11	2.15+0.88	2.44	sm	2.09+1.04	2.01	sm
12	1.98+1.04	1.90	sm	1.80+1.05	1.71	sm
13	2.13+0.77	2.77	sm	1.94+0.90	2.16	sm
14	1.96+0.91	2.15	sm	2.09+0.75	2.79	sm
15	1.96+0.78	2.51	sm	1.87+0.90	2.08	sm
16	1.56+1.17	1.33	m	1.80+0.75	2.40	sm
17	1.76+0.81	2.17	sm	1.50+0.90	1.67	m
18	1.83+0.78	2.35	sm	1.50+0.90	1.67	m
19	1.43+1.17	1.22	m	1.57+0.75	2.09	sm
20	1.83+0.65	2.82	sm	1.75+0.75	2.33	sm
21	1.43+1.04	1.38	m	1.35+0.90	1.50	m
22	1.43+1.04	1.38	m	1.35+0.90	1.50	m
23	1.43+1.04	1.38	m	1.20+0.97	1.24	m
24	1.43+0.91	1.57	m	1.50+0.60	2.50	sm
25	1.43+0.78	1.83	sm	1.20+0.90	1.33	m
26	1.56+0.65	2.40	sm	1.20+0.75	1.60	m
27	1.56+0.65	2.40	sm	1.20+0.75	1.60	m
28	1.37+0.81	1.69	m	1.05+0.90	1.17	m
29	1.30+0.78	1.67	m	1.05+0.60	1.75	sm
30	0.98+0.65	1.51	m	1.05+0.45	2.33	sm
31	1.04+0.53	1.96	sm	1.05+0.45	2.33	sm
32	0.78+0.52	1.50	m	0.90+0.60	1.50	m

表 3 弯短距乌头大理居群和短距乌头的染色体参数

Table 3 The parameter of chromosomes of *Aconitum brevicalcaratum* var. *brevicalcaratum* from Dali and *A. brevicalcaratum* var. *parviflorum*

Chromosome No.	*A. brevicalcaratum* var. *brevicalcaratum*			*A. brevicalcaratum* var. *parviflorum*		
	Relative Length(%)	Arm ratio	Type	Relative Length	Arm ratio	Type
1	3.74+2.44	1.53	m	4.07+2.53	1.61	m
2	3.79+2.29	1.66	m	3.63+2.86	1.27	m
3	3.12+2.81	1.11	m	3.37+2.81	1.20	m
4	2.92+2.76	1.06	m	3.08+2.90	1.06	m
5	3.53+1.56	2.26	sm	3.30+1.41	2.34	sm
6	3.12+1.09	2.86	sm	3.24+1.30	2.49	sm
7	3.06+1.04	2.94	sm	3.24+1.24	2.61	sm
8	2.90+1.04	2.79	sm	3.01+1.18	2.55	sm
9	2.08+1.05	1.98	sm	2.11+1.11	1.90	sm
10	2.08+1.05	1.98	sm	2.13+1.06	2.01	sm
11	1.97+1.04	1.89	sm	2.10+0.94	2.23	sm
12	1.97+1.00	1.97	sm	1.88+1.05	1.79	sm
13	1.97 0.94	2.10	sm	2.08+0.73	2.85	sm
14	1.87+1.04	1.80	sm	1.98+0.83	2.39	sm
15	1.71+1.14	1.50	m	1.98+0.83	2.39	sm
16	1.78+1.04	1.71	sm	1.66+1.04	1.60	m
17	1.82+0.94	1.94	sm	2.96+0.73	2.68	sm
18	1.79+0.94	1.90	sm	1.76+0.93	1.89	sm
19	1.92+0.78	2.46	sm	1.61+0.97	1.66	m
20	1.77+0.83	2.13	sm	1.63+0.61	2.67	sm
21	1.77+0.73	2.42	sm	1.43+0.81	1.77	sm
22	1.54+0.94	1.64	m	1.52+0.71	2.14	sm
23	1.56+0.83	1.88	sm	1.32+0.91	1.45	m
24	1.46+0.73	2.00	sm	1.32+0.91	1.45	m
25	1.42+0.73	1.95	sm	1.42+0.71	2.00	sm
26	1.35+0.73	1.85	sm	1.36+0.76	1.79	sm
27	1.25+0.83	1.51	m	1.71+0.91	1.33	m
28	1.25+0.83	1.51	m	1.41+0.60	2.35	sm
29	1.40+0.66	2.12	sm	1.20+0.69	1.74	sm
30	1.14+0.42	2.71	sm	1.03+0.69	1.49	m
31	1.04+0.42	2.48	sm	0.73+0.37	1.97	sm
32	0.82+0.42	1.95	sm	0.73+0.37	1.97	sm

Kurita [8] 研究了日本产的 A. chrysopilum Nakai（属于 Ser. *Volubilia*）的核型，发现第 4—8 对染色体为 st 染色体。Malakhova 等 [9] 研究了紫花高乌头 *A. exclesum* Reichb. (Tamura 和 Lauener [11] 将其并入 *A. septentrionale* Kolle, 属于 Ser. *Lycoctonia*)和白喉乌头 *A. leucostomum* Worosch. (Tamura 和 Lauener 将其并入滇川乌头 *A. wardii* Fletcher et Lauener) 的核型，发现这两种植物核型中的第 3—7 对染色体为 st 染色体。商效民等 [7] 研究了高乌头 *A.sinomontanum Nakai*(Tamura 和 Lauener 将其降为 *A. moldavicum* Hacquet 的变种，属于 Ser. Lycoctonia),河北白喉乌头 *A. leucostomum* var. *hopeiense* W. T.Wang (Tamura 和 Lauener 将其转移到 *A. wardii* 做为变种)，牛扁 *A. barbartum* var.*puberulum* Ledeb.

(属于 Ser. *Longicassidata*)，两色乌头 *A. alboviolaceum* Kom.（属于 Ser. *Volubilia*），墨七 *A. scaposum* var. *vaginatum* (Pritz.)Rapaics (Tamura 和 Lauener [11] 将其并入原变种)的核型，并与乌头亚属几个种的核型进行了比较，发现两个亚属植物的第 1—2 对和第 8 对染色体通常都分别为 m, sm, sm,区别在于牛扁亚属中多倍体较少，染色体较大，第 3—7 染色体通常为 st 染色体，而乌头亚属植物中多倍体较多，染色体相对较小，第 3—7 对染色体通常为 sm 染色体，并推断乌头属中染色体的演化方向是：染色体大–染色体小，st–sm。我们也研究了牛扁和两色乌头的染色体，发现其核型中的第 3—7 对染色体确实多为 st 染色体。我们还发现与乌头亚属植物相比，这两种植物的核型在染色体大小上的分化不太明显，即其染色体从大到小基本上是逐渐过渡的，核型没有明显的二型性。在乌头亚属植物里，第 1—2 对染色体明显大于其它染色体，核型具有明显的二型性 [1]。商效民等忽略了牛扁亚属和乌头亚属在核型上的这一重要区别。

表 4　滇川乌头燕门居群和白茫雪山居群的染色体参数

Table 4　The parameters of chromosomes in two populations of *Aconitum wardii*

Chromosome No.	Population from Yanmeng			Population from Mt. Baimangxueshan		
	Relative Length(%)	Arm ratio	Type	Relative Length	Arm ratio	Type
1	3.32+3.29	1.01	m	3.32+2.88	1.15	m
2	3.39+3.20	1.06	m	3.07+3.03	1.01	m
3	3.29+2.16	1.52	m	3.10+2.44	1.27	m
4	2.95+2.46	1.20	m	2.88+2.64	1.09	m
5	3.54+1.28	2.77	sm	3.43+1.11	3.09	st
6	3.44+1.37	2.51	sm	3.43+1.11	3.10	st
7	3.14+0.98	3.20	st	2.88+1.21	2.38	sm
8	2.85+0.94	3.03	st	2.87+.1.21	2.37	sm
9	2.55+0.79	3.23	st	2.77+1.11	2.50	sm
10	2.46+0.88	2.80	sm	2.27+1.00	2.27	sm
11	2.55+0.74	3.45	st	2.30+0.92	2.50	sm
12	1.97+0.98	2.01	sm	2.17+1.03	2.11	sm
13	2.06+0.88	2.34	sm	2.11+1.00	2.11	sm
14	1.94+0.98	1.98	sm	1.99+1.01	1.97	sm
15	2.06+0.79	2.61	sm	1.88+1.00	1.88	sm
16	1.87+0.98	1.91	sm	1.55+1.33	1.17	m
17	1.96+0.79	2.48	sm	1.99+0.78	2.55	sm
18	1.87+0.88	2.13	sm	1.55+1.21	1.28	m
19	1.74+0.88	1.98	sm	1.66+0.89	1.87	sm
20	1.67+0.69	2.42	sm	1.66+0.89	1.87	sm
21	1.67+0.69	2.42	sm	1.55+0.89	1.74	sm
22	1.54+0.79	1.95	sm	1.50+0.78	1.92	sm
23	1.54+0.79	1.95	sm	1.55+0.72	2.15	sm
24	1.57+0.69	2.28	sm	1.44+0.83	1.73	sm
25	1.37+0.79	1.73	sm	1.33+0.89	1.49	m
26	1.37+0.67	2.04	sm	1.44+0.73	1.97	sm
27	1.33+0.69	1.93	sm	1.39+0.78	1.78	sm
28	1.42+0.59	2.41	sm	1.44+0.55	2.62	sm
29	1.03+0.59	1.75	sm	1.21+0.66	1.83	sm
30	1.03+0.59	1.75	sm	0.78+0.66	1.18	m
31	0.95+0.37	2.57	sm	0.78+0.33	2.36	sm
32	0.98+0.39	2.51	sm	0.77+0.32	2.41	sm

表 5 粗花乌头毕桑居群和奶日居群的染色体参数

Table 5 The parameters of chromosomes in two populations of *Aconitum crassiflorum*

Chromosome No.	Population from Bisanggu			Population from Lairi		
	Relative Length(%)	Arm ratio	Type	Relative Length	Arm ratio	Type
1	3.29+2.93	1.12	m	3.23+3.20	1.01	m
2	3.17+2.88	1.10	m	3.27+2.96	1.10	m
3	3.02+2.45	1.23	m	3.33+2.84	1.17	m
4	3.02+2.30	1.31	m	3.54+2.41	1.47	m
5	3.60+1.15	3.13	st	3.70+1.30	2.85	sm
6	3.30+1.01	3.27	st	3.33+1.49	2.23	sm
7	3.24+1.01	3.21	st	3.46+1.23	2.81	sm
8	3.17+1.04	3.05	st	3.02+1.23	2.46	sm
9	2.16+1.01	2.14	sm	2.34+0.99	2.36	sm
10	2.30+0.86	2.67	sm	2.22+1.11	2.00	sm
11	2.30+0.86	2.67	sm	2.01+1.11	1.81	sm
12	2.10+1.15	1.75	sm	2.10+0.86	2.44	sm
13	2.01+1.15	1.75	sm	2.10+0.86	2.44	sm
14	2.16+0.86	2.51	sm	1.97+0.99	1.99	sm
15	2.16+0.86	2.51	sm	1.97+0.86	2.29	sm
16	2.16+0.72	3.00	sm	1.97+0.74	2.66	sm
17	2.01+0.72	2.79	sm	1.94+0.74	2.66	sm
18	1.87+0.86	2.17	sm	1.85+0.68	2.72	sm
19	1.87+0.86	2.17	sm	1.79+0.68	2.63	sm
20	1.58 1.01	1.56	m	1.60+0.86	1.86	sm
21	1.65+0.86	1.92	sm	1.48+0.86	1.72	sm
22	1.58+0.86	1.84	sm	1.48+0.68	2.18	sm
23	1.44+0.86	1.67	m	1.48+0.68	2.18	sm
24	1.44+0.86	1.67	m	1.48+0.62	2.39	sm
25	1.42+0.72	1.97	sm	1.42+0.68	2.09	sm
26	1.55+0.58	2.67	sm	1.42+0.62	2.29	sm
27	1.29+0.78	1.65	m	1.36+0.62	2.19	sm
28	1.08+0.94	1.15	m	1.23+0.68	1.81	sm
29	1.24+0.72	1.72	sm	0.99+0.56	1.77	sm
30	1.01+0.72	1.40	m	0.99+0.54	1.83	sm
31	0.72+0.58	1.24	m	0.79+0.49	1.61	m
32	0.58+0.43	1.35	m	0.50+0.48	1.04	m

将我们这里研究的云南几种牛扁亚属植物的核型与上述商效民等研究的种类的核型比较，其区别是显而易见的。在染色体大小上，商效民等研究的种类的绝对长度范围在 15.77±2.37—4.52±0.49 μm 之间，我们所研究的种类的染色体绝对长度范围低于这个值。我们研究的种类都为 4 倍体，而商效民等研究的种类除高乌头有一个 4 倍体细胞型外，其它种类均为 2 倍体。这说明在乌头属中，染色体可能随着倍性增高而变小。当然染色体绝对长度值受很多人为因素影响，有时难以进行比较，仅能供参考。但在毛茛科其它属如毛茛属中，也发现多倍体种的染色体通常比 2 倍体种的要小[12]。在染色体形态上，我们这里研究的种类的 st 染色体很少，32 条染色体中仅有 2—4 条 st 染色体甚至完全没有，而且这些 st 染色体通常都只出现在第 3 对和第 4 对（这些种均为 4 倍体，因此其第 3 对和第 4 对染色体与 2 倍体种的

第 2 对相对应），第 5—16 对染色体（与 2 倍体种的第 3—7 对染色体相对应）通常均为 sm 或 m 染色体。这表明在牛扁亚属中，种间的核型有时有极大的差异。值得注意的是，尽管这些种在核型上有上述差异，但它们在核型的二型性不明显这一点上却是共同的。因此，我们认为核型没有明显的二型性可能是牛扁亚属植物的一个共有而原始的特征，是与乌头亚属植物在核型上的一个重要区别。这一点对于探讨整个乌头属的核型进化是极为重要的。

表 6 粗花乌头仙人洞居群的染色体参数

Table 6 The parameters of chromosomas of *Aconitum crassiflorum* from Xianrendong

Chromosome No.	Relative Length	Arm ratio	Type	Chromosome No.	Relative Length	Arm ratio	Type
1	3.70+2.53	1.46	m	17	1.65+1.07	1.54	m
2	3.39+2.75	1.23	m	18	1.75+0.79	2.22	sm
3	3.07+2.87	1.07	m	19	1.85+0.68	2.72	sm
4	2.75+2.72	1.01	m	20	1.85+0.68	2.72	sm
5	3.87+1.40	2.76	sm	21	1.75+0.68	2.57	sm
6	3.26+1.36	2.40	sm	22	1.65+0.65	2.54	sm
7	2.73+1.31	2.08	sm	23	1.46+0.79	1.85	sm
8	2.92+1.07	2.73	sm	24	1.46+0.79	1.85	sm
9	2.43+0.97	2.51	sm	25	1.41+0.83	1.70	sm
10	2.34+1.02	2.29	sm	26	1.31+0.79	1.66	m
11	2.34+0.88	2.66	sm	27	1.27+0.79	1.61	m
12	2.24+0.97	2.31	sm	28	1.34+0.68	1.97	sm
13	1.85+1.02	1.81	sm	29	1.34+0.68	1.97	sm
14	1.70+1.12	1.52	m	30	0.97+0.54	1.80	sm
15	1.95+0.83	2.35	sm	31	0.88+0.49	1.80	sm
16	1.95+0.83	2.35	sm	32	0.60+0.39	1.54	m

2. 在 Lauener 和 Tamura [8] 的牛扁亚属系统中，上述 Kurita、Malakhova 等、商效民等和我们这里研究的植物实际上都同属于牛扁组 Sect. *Lycoctonum*。它们的核型分化如上所述，在有些种间是极为明显的。我们这里研究的 3 种牛扁亚属植物在 Lauener 和 Tamuura 的系统中被置于不同的系，但它们的核型从整体说来颇为相似，而与其它种显著不同。因此，我们认为这些种类的系统位置及其亲缘关系可能还值得研究。

3. 短距乌头 *A. brevicalcaratum* var. *parviflorumn* Chen et Liu 和弯短距乌头 *A. brevicalcartum* （Finet et Gagnep）Diels var. *brevicalcaratum* 在外部形态上有较多原始特征，曾被认为属于乌头属中最原始的一些类群 [6]，或至少是牛扁亚属中牛扁组的最原始类群 [13]。这两个变种都为我国云南西北部所特有。它们都是 4 倍体，核型中有较多的 sm 和 m 染色体。因此，从染色体方面来看，这两个变种都显得较为进化。

4. Tamura 和 Lauener [11] 曾把分布于我国新疆、甘肃西北部和苏联哈萨克斯坦的白喉乌头 *A. leucostomum* Worosch. 并入滇川乌头。李良千 [13] 认为这两个种在地理分布和外部形态上显著不同，因此不同意归并。我们这里的研究表明滇川乌头为 4 倍体，具较多的 m 和 sm 染色体，而白喉乌头为 2 倍体，具较多的 st 染色体 [10]。因此，从核型特征来看，二者亦不宜于归并。

5. 在我们这里研究的几种牛扁亚属植物中，同种植物的不同居群之间在核型上常存在着或多或少的差异。如在粗花乌头中，采自中甸毕桑谷的居群的第 5—8 号染色体均为 st 染色体，而采自中甸奶日和

仙人洞的居群的这4条染色体均为sm染色体。今后，有必要进行更加广泛的取样，不但要研究居群之间而且要研究居群之内的染色体变异。乌头属作为我国西南横断山区一个种类较多，分化强烈的属，以之做为材料在居群水平上进行细胞学研究，并如能与外部形态上的变化相映证，不但对于认识乌头属的物种形成（speciation）和分化有意义，而且也可能使我们对横断山区植物区系的发生发展以及物种形成和分化等问题的认识有所深化。

致谢 本文承蒙洪德元教授提出宝贵意见。

参 考 文 献

〔1〕 Yang Qing-er, Gu Zhi-jian, Wu Zheng-yi et al. A karyomorphological study on some *Aconitum* species from Yunnan. *LaKromosomo*, 1989, Ⅱ-55-56: 1838—1860.

〔2〕 Levan A, Fredga K, Sandberg A A. Nomenclature for centro- meric position on chromosomes. *Hereditas*, 1964, 52:201—220.

〔3〕 Stebbins G L. Chromosomal evolution in higher plants. London: Edward Arnold, 1971. 87-90.

〔4〕 Tanaka, R. .Types of resting nuclei in Orchidaceae. *Bot Mag* (Tokyo), 1971, **84:**118—122.

〔5〕 Tanaka R. Recent karyotype studies. In: Okawa K et al.(eds.) Plant cytology. Asakura shoten ,Tokyo. 1977. 293—326.

〔6〕 王文采. 中国植物志第27卷. 北京: 科学出版社， 1979. 113—326.

〔7〕 Lauener L A , Tamura M. A Synopsis of *Aconitum* subgenus*Paraconitum:* I. *Not Royal Bot Gard Edinb*, 1987, **37**(1): 113—124.

〔8〕 Kurita M. Chromosome studies in Ranunculaceae, V. Karyotypesof the subtribe *Delphiniinae*. *Rep Biol Inst Ehime Univ*, 1957, **3:**1—8.

〔9〕 Malakhova L A, Kozlova A A, Kartashova N N. Achromosome study of wild plants of the Pri-ob area. Ⅲ. Comparativeanalysis of the karyotypes of three *Acontium* L. species (Ranunculaceae). *Bot Zhurn USSR*, 1976, **61**(8):1137—1147.

〔10〕 商效民，李正理. 国产十种乌头属的染色体研究. 植物分类学报, 1984, **22**(5): 378 —385.

〔11〕 Tamura M, Lauener, L A. A synopsis of *Aconitum* subgenus *Lycoctonum* :Ⅱ. *Not Royal Bot Gard Edinb*, 1979, **37**(3):431—466.

〔12〕 Okada H, Tamura M. Karyomorphology and relationship on the Ranunculaceae. *Journ Jap Bot*, 1979, **54**(3):65—76.

〔13〕 李良千. 论中国-喜马拉雅植物亚区乌头属植物地理分布特点. 植物分类学报, 1988, **26**(3): 189—204.